

Sonderdruck aus:

INTERNATIONALE ARBEITSGEMEINSCHAFT DONAUFORSCHUNG  
der Societas Internationalis Limnologiae

26. ARBEITSTAGUNG

14.-18. September 1967

Passau / Deutschland

WISSENSCHAFTLICHE KURZREFERATE

Herausgeber:

Deutsche Wissenschaftliche Sektion der Internationalen  
Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD) der SIL  
Landesvertretung und Sekretariat: Dr. Peter Kothé  
in der Bundesanstalt für Gewässerkunde D-5400 Koblenz

ISBN 3-9300 835-4-3  
(Gesamtband)

SCHWERMETALLAKKUMULATION IN FRÖSCHEN, DIE IN MIT DONAUWASSER  
GESPEISTEN FISCHTEICHEN LEBEN

M. Puky und N. Oertel

Einleitung

Eine der dringendsten Aufgaben des Umweltschutzes unserer Tage ist die Abwehr der Mikroschmutzstoffe. Besonders gefährlich sind die Schwermetalle. Etwa 90-98 % der in Gewässern der Erde befindlichen Cd-, Cu- und Zn-Mengen sind anthropogenen Ursprungs. Obwohl sich die Schwermetalle in größerer Menge im Sediment akkumulieren oder sich an Schwebstoffe binden (Felföldy, 1981), können sie im Laufe der Zeit durch Änderung der Umweltfaktoren in den Stoffhaushalt zurückgelangen.

Bei der Untersuchung der Schwermetallverunreinigung unserer Oberflächengewässer sind von Bedeutung einerseits die wasseranalytischen Untersuchungen, die die augenblicklichen Verhältnisse widerspiegeln, andererseits die Bioindikatororganismen, die, indem sie Stoffe in ihren Körpern speichern, Aufschluß über den Verunreinigungsgrad während einer längeren Periode geben.

Mit der Schwermetallakkumulation in Fröschen befassen sich nur sehr wenige ausländische Publikationen. Eine einheimische Literatur fehlt völlig. Die Frühphasen der Froschentwicklung spielen sich vollständig im Wasser ab, wobei die Kaulquappen weit und breit fast in jedem Wassertyp anzutreffen sind. Die entwickelten Individuen der von uns untersuchten zwei Arten gehören zu den vorwiegend an das Wasser gebundenen sog. "Halbwasserfröschen" (Zug, 1978).

Alle Arten der Amphibien sind in Ungarn geschützt, ihr Leben aber wird durch Schwermetallverunreinigungen gefährdet. Die Untersuchung hat auch eine praktische Bedeutung, da das Essen von Froschschenkeln - besonders von Rana esculenta - immer beliebter wird. Eine auf das Froschfleisch bezogene lebensmittelrechtliche Norm ist bisher nicht erstellt worden.

Wir untersuchten die Ag-, Cd-, Cu-, Fe, Hg- und Zn-Konzentration in den Individuen der Populationen von Rana esculenta L. (Wasserfrosch) und Bombina

bombina L. (Rotbauchunke) in verschiedenen Organen. Im Falle von Rana escu-  
lenta ermittelten wir zusätzlich die von der Jahreszeit abhängenden und auch  
die in den verschiedenen Stadien der Ontogenese vorhandenen Schadstoff-  
konzentrationen.

#### Methoden

Unsere Proben wurden 1984 in den mit Donauwasser gespeisten Zuchtteichen des  
Staatsgutes für Warmwasserfischzucht (TEHAG) von Százhalombatta/Ungarn ge-  
sammelt.

Die Bestimmung der Wasserproben erfolgte mit der früher bereits bekanntgege-  
benen Methode (Oertel, 1985). Nach der Trocknung (bei 105 °C) der Organe und  
Gewebe (bei entwickelten Tieren: Haut, Muskel, Magen, Leber, Niere, weib-  
liches Geschlechtsorgan und Ei; bei Kaulquappen: Gedärme, Leber und die üb-  
rigen Körperteile) wurde auch das Trockengewicht bestimmt. Der saure Aufschluß  
wurde in einer Teflonbombe mit einer  $\text{HNO}_3\text{:H}_2\text{O}_2$ -Mischung in der Proportion  
2:1 durchgeführt. Die analytischen Bestimmungen wurden mit einem Atomabsorp-  
tionsspektralphotometer (Flammentchnik) verrichtet.

#### Ergebnisse

Die Schwermetallkonzentrationen des Wassers der Zuchtteiche zeigt Tab. 1.  
Im Falle von Fe, Hg und Zn übertreffen auch die Minimalwerte, bei Cd und Cu  
die Maximalwerte die für das Wasserleben zulässigen Grenzwerte (Literáthy,  
1982).

|    | Mittelwert | Minimum | Maximum  |
|----|------------|---------|----------|
| Ag | 0,089      | 0,008   | 0,363    |
| Cd | 0,146      | 0,034   | 0,271    |
| Cu | 3,260      | 1,400   | 5,700    |
| Fe | 1093,000   | 376,000 | 1724,000 |
| Hg | 0,479      | 0,437   | 0,650    |
| Zn | 413,000    | 112,000 | 565,000  |

Fe>Zn>Cu>Hg>Cd>Ag

Tab. 1 Schwermetallkonzentration ( $\mu\text{g/l}$ ) des Wassers der Zuchtteiche  
von Százhalombatta

Tabelle 2 Schwermetallgehalt in verschiedenen Frosch-Arten

| Ag(mg/kg)                   |           | Cd(mg/kg) |            | Cu(mg/kg) |       | Fe(mg/kg) |            | Hg(µg/kg) |       | Zn(mg/kg)     |       |        |       |               |      |        |              |        |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-------|-----------|------------|-----------|-------|---------------|-------|--------|-------|---------------|------|--------|--------------|--------|
| F.                          | S.        | H.        | F.         | S.        | H.    | F.        | S.         | H.        | F.    | S.            | H.    |        |       |               |      |        |              |        |
| Rana esculenta; adult       |           |           |            |           |       |           |            |           |       |               |       |        |       |               |      |        |              |        |
| a                           | 21,3      | 12,1      | 16,5       | 34,4      | 15,8  | 16,7      | 2,6        | 1,5       | 3,5   | 294,3         | 390,4 | 171,2  | 158,3 | 0,0           | 0,0  | 422,3  | 202,7        | 321,3  |
| b                           | 14,8      | 13,1      | 14,1       | 40,3      | 18,6  | 15,0      | 0,0        | 0,0       | 0,0   | 187,9         | 67,9  | 112,2  | 21,8  | 0,5           | 1,9  | 366,3  | 140,3        | 219,7  |
| c                           | 24,4      | 18,0      | 13,3       | 40,2      | 21,3  | 16,5      | 17,7       | 9,3       | 26,2  | 1388,0        | 454,9 | 1653,0 | 18,7  | 3,2           | 3,1  | 412,8  | 371,0        | 267,0  |
| d                           | 40,0      | 16,3      | 17,5       | 59,3      | 14,2  | 21,4      | 156,4      | 57,3      | 165,1 | 1219,0        | 450,6 | 629,1  | 3,1   | 6,6           | 11,5 | 114,5  | 238,1        | 331,2  |
| e                           | 173,7     | 143,2     | 149,2      | 289,1     | 126,1 | 143,9     | 0,0        | 0,0       | 0,3   | 1443,0        | 849,0 | 611,1  | 0,0   | 0,0           | 0,0  | 359,9  | 1379,0       | 1438,0 |
| f                           | 50,4      | 94,3      | 171,4      | 77,1      | 100,4 | 236,1     | 0,0        | 3,7       | 7,4   | 279,5         | 152,3 | 389,3  | 88,9  | 33,6          | 41,3 | 541,5  | 707,0        | 261,4  |
| g                           | 0,0       | 47,2      | 81,7       | 0,1       | 50,8  | 69,6      | 16,5       | 2,1       | 6,8   | 78,2          | 313,3 | 214,2  | 201,1 | 16,9          | 11,3 | 1432,0 | 2736,0       | 1711,0 |
| Rana esculenta; Kaulquappen |           |           |            |           |       |           |            |           |       |               |       |        |       |               |      |        |              |        |
| h                           | 0,0-10,0  |           | 0,0-       | 31,6      |       |           | 0,0-1071,0 |           |       | 265,3-14244,0 |       |        |       | 103,9-5937,0  |      |        | 117,7-1622,0 |        |
| i                           | 0,0-172,4 |           | 0,0-1020,0 |           |       |           | 0,0-530,6  |           |       | 427,9-2663,0  |       |        |       | 580,2-17500,0 |      |        | 195,8-3972,0 |        |
| j                           | 0,0-16,2  |           | 0,0-7,5    |           |       |           | 5,7-290,9  |           |       | 25,0-1772,0   |       |        |       | 37,6-892,8    |      |        | 94,2-227,7   |        |
| Bombina orientalis; adult   |           |           |            |           |       |           |            |           |       |               |       |        |       |               |      |        |              |        |
| k                           | 9,6       |           | 11,2       |           |       |           | 6,0        |           |       | 236,0         |       |        |       | 151,9         |      |        | 620,7        |        |
| l                           | 4,2       |           | 0,9        |           |       |           | 19,5       |           |       | 181,9         |       |        |       | 296,4         |      |        | 306,0        |        |
| m                           | 4,4       |           | 7,3        |           |       |           | 29,9       |           |       | 2576,0        |       |        |       | 45,8          |      |        | 643,5        |        |
| n                           | 8,2       |           | 9,2        |           |       |           | 30,7       |           |       | 388,7         |       |        |       | 96,5          |      |        | 408,3        |        |
| o                           | 70,5      |           | 68,8       |           |       |           | 9,7        |           |       | 69,3          |       |        |       | 430,0         |      |        | 1041,0       |        |
| p                           | 4,4       |           | 1,0        |           |       |           | 5,1        |           |       | 45,8          |       |        |       | 79,2          |      |        | 339,0        |        |
| q                           | 1,8       |           | 1,0        |           |       |           | 10,0       |           |       | 146,6         |       |        |       | 2,1           |      |        | 530,6        |        |

F.=Frübling, S.=Sommer, H.=Herbst, a=Haut, b=Muskel, c=Leber, d=Kiere, e=weibliches Geschlechtsorgan, g=ei,  
h=Darm, i=andere Teile des Körpers.

Konzentrationsangaben in mg pro kg Trockengewicht

Die auf das Trockengewicht bezogenen Schwermetallkonzentrationen in den Fröschen und Organen sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Aus raumsparenden Gründen werden im Falle der Kaulquappen die sich auf sämtliche Entwicklungsstadien beziehenden Minimal- bzw. Maximalwerte angegeben. Im Falle der sich auf die zwei Arten beziehenden vergleichenden Auswertungen werden die Frühjahrswerte in Betracht gezogen.

Als die am stärksten akkumulierenden Organe erwiesen sich die Niere - im Falle von 5 Metallen - und die Leber für Kupfer. Von den Rana esculenta-Proben des Frühjahrs zeigt aber das Ei für Hg und Zn die höchsten Werte. Bei Fe zeigen die Nieren und Magenwerte im Frühjahr eine starke Ähnlichkeit.

Die Cd-Konzentration der für den menschlichen Verbrauch wesentlichen Schenkelmuskulatur liegt über dem sich auf Fische beziehenden Wert der ungarischen Normungsvorschrift (0,3 mg/kg Naßgewicht). Dies erfordert verstärkte Untersuchungen der aus den Fischwirtschaften stammenden "Froschschenkel". Die Hg-Werte sind beträchtlich unter den entsprechenden Werten der Norm. Die größten Konzentrationswerte zeigt - mit Ausnahme von Hg - Rana esculenta.

Die Konzentrationen ändern sich jahreszeitlich in bedeutendem Maße.

Bei der Untersuchung der Entwicklungsstadien haben wir festgestellt, daß die Schwermetallkonzentration in den Kaulquappen im allgemeinen höher ist als die in den entwickelten Tieren; die Größe der Werte kann sich jedoch in den aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien verändern. Die hauptakkumulierenden Organe sind die Leber oder die Gedärme. Die Gründe für die unterschiedlichen Konzentrationswerte in sich entwickelnden und in entwickelten Individuen sind im ständigen Wasserleben, dem ausschließlichen Bezug von Nahrung aus dem Wasser und dem andersartigen Ausscheidungssystem der Jugendstadien zu suchen.

Von den Schwermetallkonzentrationen kann erwähnt werden, daß Werte gefunden worden sind, die meistens über den wenigen in der Literatur genannten Daten lagen (Baudo, 1976). Zwischen den Arten, Entwicklungsstadien und Organen zeigen sich signifikante Unterschiede. Die Schwermetallakkumulationswerte der Tierproben (C/M) sind - ähnlich den Konzentrierungswerten - verhältnismäßig höher, als sie in der Literatur vorliegen. Wenn beide Arten und sämtliche Entwicklungsstadien in Betracht genommen werden, so bewegt sich der Maximalwert des Konzentrierungsfaktors im Falle von Ag und Cd in der Größenordnung

von  $10^6$ , bei Cu, Fe und Hg  $10^4$ , bei Zn  $10^3$ . Obwohl die Konzentrationen von Ag und Cd im Wasser im Vergleich zu den anderen untersuchten Schwermetallen die geringsten Werte zeigen, akkumulieren die untersuchten Arten diese zwei Metalle am besten. Deshalb ist Cd besonders gefährlich, worauf auch der im Verhältnis zur Normungsvorschrift höhere Wert aufmerksam macht.

Im Falle der entwickelten Tiere zeigt die Niere den größten Konzentrierungsfaktor. Auffallend ist der niedrige Akkumulationswert des Eies.

Von den untersuchten zwei Arten zeigte Rana esculenta die größten Konzentrierungswerte mit Ausnahme des Hg. Die Kaulquappen konzentrieren die Schwermetalle im großen und ganzen besser als die entwickelten Tiere. Die untersuchten Arten erwiesen sich als gute Indikatororganismen. Zur Erschließung der zur Typisierung der Schwermetallverunreinigungen anwendbaren Zusammenhänge werden weitere Untersuchungen durchgeführt.

#### Literatur

- Baudo, R. (1976): Heavy metals concentrations (Cr, Cu, Mn and Pb) in tadpoles and adults of *Rana esculenta* L.- Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 33:325-344.
- Felföldy, L. (1981): Ökologie der Gewässer.- Budapest/Ungarn, 177-179.
- Literáthy, P. (1982): Schwermetalle - Verunreinigungen von Oberflächengewässern. Budapest/Ungarn, 35-37.
- Oertel, N. (1985): Die Gestaltung des Schwermetallgehaltes der Donau zwischen 1981-1983 bei Göd, Strom-km 1669.- 25. Arbeitstagung der IAO, 1985 Bratislava, 130-134.
- Zug, G.R. (1978): Anuran Locomotion-Structure and Function, 2. Jumping Performance of Semiaquatic, Terrestrial and Arboreal Frogs.- Smithsonian Contributions to Zoology, 276:16-17.

#### Adresse:

M. Puky, Dr. Nándor Oertel  
Ungarische Donauforschungsstation der UAW  
Javorka S. u. 14  
H-2131 Göd  
Ungarn